

日 本 国 特 許 庁

JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application: 2 0 0 3 年 9 月 4 日

Hideki Hatano, et al. 10/656,879
HOLOGRAPHIC RECORDING MEDIUM.....
Darryl Mexic 202-293-7060
September 8, 2003
1 of 2

出 願 番 号
Application Number: 特 願 2 0 0 3 - 3 1 2 2 8 7
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 3 - 3 1 2 2 8 7]

出 願 人
Applicant(s): パイオニア株式会社
独立行政法人物質・材料研究機構

2 0 0 3 年 1 0 月 7 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号 出証特 2 0 0 3 - 3 0 8 2 6 0 3

【書類名】 特許願
【整理番号】 58P03095
【提出日】 平成15年 9月 4日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 G03H 1/00
G02B 5/32

【発明者】
【住所又は居所】 埼玉県鶴ヶ島市富士見6丁目1番1号 パイオニア株式会社 総合研究所内
【氏名】 畑野 秀樹

【発明者】
【住所又は居所】 埼玉県鶴ヶ島市富士見6丁目1番1号 パイオニア株式会社 総合研究所内
【氏名】 山路 崇

【発明者】
【住所又は居所】 茨城県つくば市千現一丁目2番1号 独立行政法人物質・材料研究機構内
【氏名】 北村 健二

【発明者】
【住所又は居所】 茨城県つくば市千現一丁目2番1号 独立行政法人物質・材料研究機構内
【氏名】 竹川 俊二

【発明者】
【住所又は居所】 茨城県つくば市千現一丁目2番1号 独立行政法人物質・材料研究機構内
【氏名】 中村 優

【特許出願人】
【持分】 50/100
【識別番号】 000005016
【氏名又は名称】 パイオニア株式会社

【特許出願人】
【持分】 50/100
【識別番号】 301023238
【氏名又は名称】 独立行政法人物質・材料研究機構

【代理人】
【識別番号】 100079119
【弁理士】
【氏名又は名称】 藤村 元彦

【先の出願に基づく優先権主張】
【出願番号】 特願2002-263809
【出願日】 平成14年 9月10日

【持分の割合】 50/100
【手数料の表示】
【予納台帳番号】 016469
【納付金額】 10,500円

【提出物件の目録】
【物件名】 特許請求の範囲 1
【物件名】 明細書 1
【物件名】 図面 1
【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9006557
【包括委任状番号】 0310981

【書類名】 特許請求の範囲**【請求項 1】**

ニオブ酸リチウム単結晶またはタンタル酸リチウム単結晶からなるホログラム記録媒体であって、

前記ニオブ酸リチウム単結晶またはタンタル酸リチウム単結晶は、実質的に定比組成でありかつ不純物として Mn を 1 重量 ppm ～ 100 重量 ppm 含むことを特徴とするホログラム記録媒体。

【請求項 2】

前記ニオブ酸リチウム単結晶またはタンタル酸リチウム単結晶のエネルギー帯は、価電子帯と伝導帯との間に第 1 エネルギー準位、第 2 エネルギー準位および第 3 エネルギー準位を含み、

前記第 1 エネルギー準位は前記伝導帯を基準として前記第 2 エネルギー準位よりも深く、

前記第 3 エネルギー準位は前記伝導帯を基準として前記第 2 エネルギー準位よりも深く、

410 nm 以下の波長を有するゲート光を前記ニオブ酸リチウム単結晶またはタンタル酸リチウム単結晶に照射することにより、前記第 1 エネルギー準位から前記第 2 エネルギー準位にキャリアが励起され、

前記ゲート光の波長よりも長い波長を有する記録光および参照光が前記ニオブ酸リチウム単結晶またはタンタル酸リチウム単結晶に照射されることにより、前記第 2 エネルギー準位に励起されたキャリアが前記第 3 エネルギー準位に捕獲されることによって前記記録光に担持されている情報が記録されることを特徴とする、請求項 1 記載のホログラム記録媒体。

【請求項 3】

前記ニオブ酸リチウム単結晶またはタンタル酸リチウム単結晶の 410 nm 以下の波長を有するゲート光に対する光吸収係数 (α_g) と前記ニオブ酸リチウム単結晶またはタンタル酸リチウム単結晶の前記ゲート光の入射方向の長さ (L) との積 ($\alpha_g \cdot L$) が、0.5 ～ 2.0 の範囲にあることを特徴とする請求項 1 記載のホログラム記録媒体。

【請求項 4】

ホログラム記録媒体に情報を記録し、前記ホログラム記録媒体に記録された前記情報を再生するホログラム記録再生装置であって、

前記ホログラム記録媒体へ 410 nm よりも短波長のゲート光を照射する第 1 照射手段と、

前記情報を担持する信号光と参照光とを前記ホログラム記録媒体へ照射する第 2 照射手段と、を含み、

前記信号光と前記参照光はそれぞれ前記ゲート光よりも長波長の光であり、

前記ホログラム記録媒体は実質的に定比組成でありかつ不純物として Mn を 1 重量 ppm から 100 重量 ppm 含むニオブ酸リチウム単結晶またはタンタル酸リチウム単結晶である、ことを特徴とするホログラム記録再生装置。

【書類名】明細書

【発明の名称】ホログラム記録媒体およびホログラム記録再生装置

【技術分野】

【0001】

本発明は、2色ホログラム方式を用いたホログラム記録媒体およびホログラム記録再生装置に関し、より詳細には、還元処理を要することなく高記録感度を達成し、かつ、ゲート光照射時の光損傷を低減するホログラム記録媒体、および、ホログラム記録再生装置に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、情報記録媒体に記録されるべき情報量の増大に伴い、大容量かつ高速読み出しが可能な情報記録媒体が求められている。このような情報記録媒体として、ニオブ酸リチウム (LiNbO_3) およびタンタル酸リチウム (LiTaO_3) 等の強誘電体結晶を用いたホログラフィックメモリ (ホログラム記録媒体) が知られている。

【0003】

ホログラフィックメモリとは、レーザ光を使って体積ホログラフィの形式で3次元的に情報を多重記録する光学メモリ方式である。このようなメモリ方式は、ホログラフィックメモリにおけるフォトリフラクティブ効果を利用している。フォトリフラクティブ効果とは、「光照射によってホログラフィックメモリ内の深い準位に存在する電荷 (電子またはホール) が励起され、ホログラフィックメモリの伝導帯を移動し、その後、再結合する。次いで、ホログラフィックメモリ内に電荷の分布が発生する (空間電界分布)。この結果、ホログラフィックメモリ内部の屈折率は、1次の電気光学効果 (すなわち、ポッケルス効果) を介して空間電界分布に応じて変化する。」現象である。フォトリフラクティブ効果を利用した光学メモリ方式には、単色ホログラム (1-color) 方式と、2色ホログラム (2-color) 方式とがある。単色ホログラム方式では、記録された情報をホログラフィックメモリから読み出す際に、情報が揮発するという問題が生じる。2色ホログラム方式は、上述の単色ホログラム方式の問題を解決したメモリ方式である。

【0004】

図9は、2色ホログラム方式における記録メカニズムを示す図である。

【0005】

2色ホログラム方式を採用するホログラム記録媒体のエネルギーバンド構造900は、価電子帯 (VB) と伝導帯 (CB) との間に、3つのエネルギー準位A、BおよびCを有する。エネルギー準位A (光吸収中心またはバイポーラロン) は、エネルギー準位B (中間励起準位、準安定準位またはスモールポーラロン) よりも深い位置にある。エネルギー準位C (トラップ準位またはストレージセンタ) は、エネルギー準位Bよりも深い位置にある。

【0006】

次に、2色ホログラム方式におけるホログラム記録媒体に情報を記録するメカニズムを説明する。

【0007】

フォトリフラクティブ効果に関与するキャリアを生成するゲート光 (波長 λ_1) をホログラム記録媒体に照射する。ゲート光が照射された部分に存在するキャリアが、エネルギー準位Aから伝導帯 (CB) へ励起され、エネルギー準位Bに一時的にトラップされる。これにより、フォトリフラクティブ効果に関与するキャリアが生成される。なお、エネルギー準位Bにおけるキャリアの寿命は τ_1 である。

【0008】

情報をホログラム記録媒体に記録するための記録光をホログラム記録媒体に照射する。記録光は、情報を記録すべき位置を示す参照光 (波長 λ_2) と、情報を担持する信号光 (波長 λ_2) とを含む。波長 λ_1 と波長 λ_2 との関係は、 $\lambda_1 < \lambda_2$ を満たす。記録光を照射することによって、エネルギー準位Bにトラップされていたキャリアは、記録光が形成する

干渉縞に対応した空間的な明暗のパターンにしたがって伝導帯 (CB) に励起され、最終的に、エネルギー準位 C に干渉縞に従ったキャリアの濃淡分布の様態で蓄積される。エネルギー準位 C におけるキャリアの寿命は τ_2 である。

【0009】

上述の2色ホログラム方式に採用されるホログラム記録媒体の材料は、還元処理を施した、Pr (プラセオジウム) を添加したニオブ酸リチウム単結晶である (例えば、非特許文献1参照。)。また、他の2色ホログラム方式に採用されるホログラム記録媒体の材料は、還元処理を施した、不純物を含有しないニオブ酸リチウム単結晶、または、還元処理を施した、Fe (鉄) またはMn (マンガン) を添加したニオブ酸リチウム単結晶である (例えば、非特許文献2参照。)。

【非特許文献1】H. Guenther, G. Wittmann, and R. M. Macfarlane (IBM), R. R. Neurgaonkar (Rockwell) 「Intensity dependence and white-light gating of two-color photorefractive gratings in LiNbO₃」, Opt. Lett. Vol. 22, pp. 1305-1307 (1997)

【非特許文献2】L. Hesselink, S. S. Orlov, A. Liu, A. Akella, D. Lande, and R. R. Neurgaonkar 「Photorefractive Materials for Nonvolatile Volume Holographic Data Storage」, Science Vol. 282 (Nov 6), pp. 1089-1094 (1998)

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

しかしながら、上述の非特許文献1および2に記載される材料は、ホログラム記録媒体として使用するに十分な記録感度を得るために、還元処理を必要とする。すなわち、還元処理を材料に施すことにより、材料中にエネルギー準位Aが確立するとともに、エネルギー準位Aに十分なキャリアが存在することになる。As-grownの状態または空气中で熱処理された状態では、記録感度が低いことから、ホログラム記録媒体として使用することができない (例えば、記録感度の値は 10^{-4} cm/J 程度である)。還元処理は、材料の暗導電率を増加させ、ホログラム記録媒体におけるストレージ時間を短くする場合がある。還元処理の程度 (濃度、雰囲気および時間等) によって、得られる材料の特性が著しく変化する故、記録感度の制御が困難である。

【0011】

たとえば、上述の非特許文献2に記載されるホログラム記録媒体において、フォトリフラクティブ効果に関与するキャリアを生成するゲート光の波長は、458 nm ~ 488 nm である。かかる波長帯域におけるゲート光を使用した場合、フォトリフラクティブ効果に起因したファニングと呼ばれる散乱 (光損傷) が発生する場合がある。ファニングが発生すると、ホログラム記録媒体に記録した情報の再生像に歪みが生じ、データが劣化する。すなわち、ホログラムの品質が低下することになる。

【0012】

また、上述の非特許文献2に記載されるホログラム記録媒体では、Mn 添加量の最適化には至っていない。

【0013】

したがって、本発明の目的は、還元処理を要することなく高記録感度を達成し、かつ、ゲート光照射時の光損傷を低減するホログラム記録媒体、および、ホログラム記録再生装置を提供することである。

【0014】

なお、本明細書中で用いる「光損傷」とは、ゲート光をホログラム記録媒体に照射した

際に生じる散乱を意図しており、ホログラムの記録に寄与するフォトリフラクティブ効果を意味しないことに留意されたい。

【課題を解決するための手段】

【0015】

本発明によるニオブ酸リチウム単結晶またはタンタル酸リチウム単結晶からなるホログラム記録媒体は、前記ニオブ酸リチウム単結晶またはタンタル酸リチウム単結晶が、実質的に定比組成であり、かつ、不純物としてMnを1重量ppm～100重量ppm含む。

【0016】

本発明によるホログラム記録媒体の前記ニオブ酸リチウム単結晶またはタンタル酸リチウム単結晶のエネルギー帯は、価電子帯と伝導帯との間に第1エネルギー準位、第2エネルギー準位および第3エネルギー準位を含み、前記第1エネルギー準位は前記伝導帯を基準として前記第2エネルギー準位よりも深く、前記第3エネルギー準位は前記伝導帯を基準として前記第2エネルギー準位よりも深く、410nm以下の波長を有するゲート光を前記ニオブ酸リチウム単結晶またはタンタル酸リチウム単結晶に照射することにより、前記第1エネルギー準位から前記第2エネルギー準位にキャリアが励起され、前記ゲート光の波長よりも長い波長を有する記録光および参照光が前記ニオブ酸リチウム単結晶またはタンタル酸リチウム単結晶に照射されることにより、前記第2エネルギー準位に励起されたキャリアが前記第3エネルギー準位に捕獲されることによって前記記録光に担持されている情報が記録される。

【0017】

本発明によるホログラム記録媒体の前記ニオブ酸リチウム単結晶またはタンタル酸リチウム単結晶の410nm以下の波長を有するゲート光に対する光吸収係数(α_g)と前記ニオブ酸リチウム単結晶またはタンタル酸リチウム単結晶の前記ゲート光の入射方向の長さ(L)との積($\alpha_g \cdot L$)が、0.5～2.0の範囲であっても良い。

【0018】

本発明によるホログラム記録媒体に情報を記録し、前記ホログラム記録媒体に記録された前記情報を再生するホログラム記録再生装置は、前記ホログラム記録媒体へ410nmよりも短波長のゲート光を照射する第1照射手段と、前記情報を担持する信号光と参照光とを前記ホログラム記録媒体へ照射する第2照射手段と、を含み、前記信号光と前記参照光はそれぞれ前記ゲート光よりも長波長の光であり、前記ホログラム記録媒体は実質的に定比組成でありかつ不純物としてMnを1重量ppmから100重量ppm含むニオブ酸リチウム単結晶またはタンタル酸リチウム単結晶であり、これにより上記目的を達成する。

【発明の効果】

【0019】

本発明によるニオブ酸リチウム単結晶またはタンタル酸リチウム単結晶からなるホログラム記録媒体は、実質的に定比組成であり、かつ、不純物としてMnを1重量ppm～100重量ppm含む。本発明によるニオブ酸リチウム単結晶またはタンタル酸リチウム単結晶のエネルギー帯は、価電子帯と伝導帯との間に第1のエネルギー準位、第2のエネルギー準位および第3のエネルギー準位とを含み、第1のエネルギー準位は第2のエネルギー準位よりも深く、第3のエネルギー準位は第2のエネルギー準位よりも深い。410nm以下の波長を有する第1の光を本発明によるニオブ酸リチウム単結晶またはタンタル酸リチウム単結晶に照射することにより、第1のエネルギー準位から第2のエネルギー準位にキャリアが励起する。

【0020】

本発明によるニオブ酸リチウム単結晶またはタンタル酸リチウム単結晶は、as-grownな状態において第1のエネルギー準位を有しており、本準位に電子が存在している。このことは、還元処理を単結晶に施すことなく、十分なキャリアが第1のエネルギー準位に存在することを意味する。したがって、本発明によるホログラム記録媒体は、還元処理を要することなく高記録感度が達成される。

【0021】

フォトリフラクティブ効果に関与するキャリアを生成するための第1の光が、410 nm以下であるため、従来のホログラム記録媒体に比べて光損傷が低減される。

【発明を実施するための最良の形態】**【0022】**

以下、図面を参照しながら本発明の実施の形態を説明する。

【0023】**(実施の形態1)**

はじめに、本発明による、Mnを1重量ppm～100重量ppmだけ添加した実質的に定比組成のニオブ酸リチウム単結晶（以下、Mn-SLNと称する）からなるホログラム記録媒体の記録および再生のメカニズムを説明する。

【0024】

図1は、本発明によるMn-SLNからなるホログラム記録媒体のエネルギーバンド構造100を示す模式図である。

【0025】

Mn-SLNのエネルギーバンド構造100は、伝導帯(CB)と価電子帯(VB)との間に第1のエネルギー準位Aと第2のエネルギー準位Bと第3のエネルギー準位Cとを含む。Mn-SLNのバンドギャップ（伝導帯と価電子帯とのエネルギーギャップ）は、約4.0 eVである。

【0026】

第1のエネルギー準位Aは、Mnを添加したことによって形成される Mn^{2+} のドナー準位である。第1のエネルギー準位Aに存在するキャリアは、自身が励起されることによって、フォトリフラクティブ効果に関与するキャリアになる。第2のエネルギー準位Bは、第1のエネルギー準位Aから励起したキャリアが一時的にトラップされる中間励起準位である。第3のエネルギー準位Cは、Mnを添加したことによって形成される Mn^{3+} のアクセプター準位である。以上より、第1のエネルギー準位Aは、伝導帯を基準として第2のエネルギー準位Bよりも深い。第3のエネルギー準位Cは、伝導帯を基準として第2のエネルギー準位Bよりも深い。第1のエネルギー準位Aと第3のエネルギー準位Cとの関係は、問わない。

【0027】

上記の如きバンド構造は、as-grownのMn-SLNにおいて確立されている。換言すれば、第1のエネルギー準位Aは、Mn-SLNを還元処理することなく、確立される。

【0028】

このようなMn-SLNからなるホログラム記録媒体に情報を記録する場合のメカニズムをステップごとに説明する。

【0029】

S100：第1のエネルギー準位に存在するキャリアを励起するためのゲート光（第1の光）をホログラム記録媒体に照射する。このゲート光の波長 λ_1 は、410 nm以下である。ゲート光の照射によって、第1のエネルギー準位Aに存在するキャリアを励起する。

【0030】

S101：励起されたキャリアは、伝導帯(CB)をドリフトして、第2のエネルギー準位Bに一時的にトラップされる。これにより、フォトリフラクティブ効果に関与するキャリアが生成される。

【0031】

S102：情報をホログラム記録媒体に記録するための記録光（第2の光、波長 λ_2 ）をホログラム記録媒体に照射する。記録光は、参照光（第3の光、波長 λ_2 ）と、情報を担持する信号光（第4の光、波長 λ_2 ）とを含む。波長 λ_1 と波長 λ_2 との関係は、 $\lambda_1 < \lambda_2$ を満たす。参照光および信号光を照射することによって、エネルギー準位Bにトラップ

されていたキャリアは、参照光と信号光が形成する干渉縞に対応した空間的な明暗のパターンにしたがって伝導帯 (CB) に励起される。この参照光および信号光の照射は、エネルギー準位 B におけるキャリアの寿命内に行わなければならない。なお、本発明においては、記録光の波長は、778 nm を用いているものの、これに限定されない。

【0032】

S103: 伝導帯 (CB) に励起されたキャリアは、干渉縞にしたがったキャリアの濃淡分布の様態でエネルギー準位 C に蓄積される。このようにして情報がホログラム記録媒体に記録される。

【0033】

本発明によれば、410 nm 以下の波長を用いて、フォトリフラクティブ効果に関与するキャリアを生成することができるので、ゲート光照射時における光損傷が低減される。

【0034】

また、ゲート光として 410 nm 以下の短波長光を使用することができるので、ゲート光の光源として、GaN 系半導体レーザ、3 次高調波 YAG レーザ等が使用できる。これらのレーザは、小型であるので、光学系全体を小型化できる。

【0035】

情報が記録された Mn-SLN からなるホログラム記録媒体から、その情報を再生する場合は、参照光のみをホログラム記録媒体に照射すればよい。参照光は、エネルギー準位 C にトラップされたキャリアを伝導帯 (CB) に励起するためのエネルギーを有さない故、不揮発再生が達成できる。

【0036】

本発明によるホログラム記録媒体は、Mn を 1 重量 ppm ~ 100 重量 ppm だけ添加した実質的に定比組成のニオブ酸リチウム単結晶からなる。このような Mn-SLN は、連続原料供給型の二重るつば法単結晶引き上げ装置を用いて作製され得るがこの限りでない。単結晶引き上げ装置に用いられる融液は、モル分率 $[Li_2O] / ([Li_2O] + [Nb_2O_5]) = 0.56 \sim 0.60$ であるニオブ酸リチウムに、不純物として 1 重量 ppm ~ 100 重量 ppm から選択される量の Mn を加えた融液である。上記融液から育成される Mn-SLN は、モル分率 $[Li_2O] / ([Li_2O] + [Nb_2O_5]) = 0.495 \sim 0.50$ の組成を有し、光学的均質性に優れている。

【0037】

次に、as-grown の 1 重量 ppm ~ 100 重量 ppm のうち 8 重量 ppm および 50 重量 ppm だけ Mn を添加した実質的に定比組成のニオブ酸リチウム単結晶 (それぞれ、Mn8-SLN、Mn50-SLN と称する)、および、as-grown の無添加の実質的に定比組成のニオブ酸リチウム単結晶 (無添加 SLN) (参照用) について、種々の光学実験を行った結果を示す。作製された単結晶は、各々厚さ 2 mm の平板形状に加工した。

【0038】

なお、本明細書において、「実質的に定比組成」とはモル分率 $[Li_2O] / ([Li_2O] + [Nb_2O_5])$ が完全に 0.50 ではないものの、コングルエント組成よりも化学量論に近い組成 ($[Li_2O] / ([Li_2O] + [Nb_2O_5]) = 0.495 \sim 0.50$) を言う。

【0039】

図 2 は、ゲート光吸収係数 (α_g) のゲート光の波長 (λ_1) 依存性を示す図である。図の横軸は、ホログラム記録媒体に照射されるゲート光の波長 λ_1 (nm) を示す。縦軸は、ゲート光を照射した際のホログラム記録媒体のゲート光吸収係数 α_g (cm^{-1}) を示す。

【0040】

無添加 SLN、Mn8-SLN および Mn50-SLN のそれぞれに、ゲート光として 300 nm ~ 600 nm の波長の光を照射した。図中、実線は無添加 SLN の結果であり、破線は Mn8-SLN の結果であり、点線は、Mn50-SLN の結果である。Mn8

—SLNおよびMn50—SLNのゲート光吸収係数 (α_g) は、410 nmの波長において増大した。波長が410 nmから短くなるにしたがって、Mn8—SLNおよびMn50—SLNのゲート光吸収係数 (α_g) は、増加した。一方、無添加SLNにおいては、波長350 nmにおいてもゲート光吸収係数 α_g は十分な値が得られなかった。

【0041】

次に、ゲート光吸収係数 (α_g) と、2色ホログラム方式におけるホログラム記録媒体の記録感度Sとの関係を説明する。2色ホログラム方式において、式(1)および(2)が成り立つ。

【0042】

$$S \propto \Delta \alpha_{IR} \propto n_B \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$n_B = K \cdot \alpha_g \cdot e^{-\alpha_g \cdot x} \quad \dots\dots\dots (2)$$

ここで、 $\Delta \alpha_{IR}$ は光誘起吸収係数であり、ゲート光の照射によって記録光の波長に誘起する光吸収変化である。 n_B は、図1における第1のエネルギー準位Aから第2のエネルギー準位Bに励起されるキャリア密度である。Kは、任意の定数である。xは、ゲート光がホログラム記録媒体に入射する表面からの距離である。上式(1)より、記録感度Sは、光誘起吸収に比例し、かつ、エネルギー準位Bのキャリア密度に比例することが分かる。上式(2)より、ホログラム記録媒体の表面から所定の距離(すなわち、x=一定の場合)におけるキャリア密度 n_B は、ゲート光吸収係数 α_g に密接に関係することが分かる。つまり、2色ホログラム方式におけるホログラム記録媒体の記録感度を高めるためには、ゲート光吸収係数 α_g は適正な値である必要がある。

【0043】

したがって、本発明のMn—SLMからなるホログラム記録媒体においては、図2に示されるように、410 nm以下のより短波長の光をゲート光として用いることによって、より記録感度の高いホログラム記録媒体を提供することができる。また、本発明のMn—SLNからなるホログラム記録媒体は、a s—g r o w nな状態であっても第1のエネルギー準位A(図1)を確立している故、還元処理を施すことなく、従来を凌ぐキャリア密度 n_B が達成できる。このことは、本発明によるMn—SLMからなるホログラム記録媒体が、還元処理を要することなく高記録感度を達成できることを意味する。

【0044】

図2から、同一波長を有するゲート光におけるゲート光吸収係数 (α_g) は、Mn添加量に依存していることがわかる。すなわち、同一波長を有するゲート光におけるゲート光吸収係数 (α_g) は、Mn添加量が増加するにつれて増大した。このことは、所定の波長を有するゲート光を用いた場合、Mn添加量を制御することにより、ゲート光吸収係数 (α_g) を所望の値に設定することができる。

【0045】

図2は、Mn添加量が8重量ppmおよび50重量ppmの場合を示すが、Mn添加量が1重量ppm～100重量ppmの範囲であれば、同様の結果が得られる。

【0046】

次に、第2のエネルギー準位(中間励起準位またはスモールポーラロン準位)B(図1)におけるキャリアの寿命時間 τ_B について測定した。

【0047】

表1は、第2のエネルギー準位Bにおけるキャリアの寿命時間を示す。

【0048】

【表1】

試料名	Mn8-SLN	Mn50-SLN	Fe10-SLN	F 25-SLN
寿命時間 τ_B (秒)	0.3	0.2	0.2	<0.01

ここで、Fe10—SLNは、不純物としてFeを10 ppm含有した実質的に定比組成のニオブ酸リチウムである。Fe25—SLNは、不純物としてFeを25 ppm含有

した実質的に定比組成のニオブ酸リチウムである。

【0049】

表1からわかるように、寿命時間 τ_B は、Feを添加した場合に比べて、Mnを添加した場合の方が不純物添加量の依存性は小さいことが分かる。このことは、Mn添加量によって、第2のエネルギー準位Bにおける寿命時間 τ_B が変化しないので、Mn添加による記録感度の制御が容易であることを示唆する。また、寿命時間 τ_B が、10分の数秒の範囲にあることから、比較的パワーが小さな連続発振レーザを記録光用の光源に用いることができる。

【0050】

次に、本発明によるホログラム記録媒体における、ゲート光照射によるファニング（光損傷）について調べた。

【0051】

ゲート光は情報記録時において媒体に感度をもたらしためのものであり、ゲート光の照射そのものに対してはフォトリフラクティブ効果が生じない方が望ましい。この効果を示す指標の1つが飽和空間電界である。

【0052】

図3は、飽和空間電界に対するゲート光の波長依存性を示す図である。図中、横軸はゲート光の波長（nm）であり、縦軸は飽和空間電界（V/cm）である。この飽和空間電界が大きいと、ファニング（光損傷）が発生することが知られている。

【0053】

図3は、Mn8-SLNからなるホログラム記録媒体に、350nm～532nmの波長領域のゲート光を照射した場合の飽和空間電界の変化を示す。図3から明らかな如く、Mn8-SLNからなるホログラム記録媒体の場合、ゲート光の波長が短くなるにつれて、飽和空間電界が小さくなる。このことは、短波長のゲート光を用いれば、ファニング（光損傷）を低減することができることを意味している。本発明によれば、410nm以下の波長を有する光をゲート光として使用する。410nm以下の波長における飽和空間電界は、いずれもホログラム記録媒体にファニング（光損傷）を発生させる値（例えば10⁵ V/cm）に達していない。したがって、本発明によるMn-SLNからなるホログラム記録媒体のゲート光の波長として410nm以下の波長の光を採用することによって、ファニング（光損傷）を低減することができる。

【0054】

図3は、Mn添加量が8重量ppmの場合を示すが、Mn添加量が1重量ppm～100重量ppmの範囲であれば、同様の結果が得られる。

【0055】

次に、本発明によるホログラム記録媒体を用いた場合の記録感度について調べた。

【0056】

図4は、本発明によるMn-SLNからなるホログラム記録媒体における、光誘起吸収係数のゲート光の強度依存性を示す図である。横軸はゲート光の強度（W/cm²）であり、縦軸は波長852nm（記録光の波長に相当する）における光誘起吸収係数 $\Delta\alpha_{IR}$ （cm⁻¹）である。図中、■はMn8-SLNからなるホログラム記録媒体にゲート光として350nmの波長の光を用いた結果であり、●はMn8-SLNからなるホログラム記録媒体にゲート光として407nmの波長の光を用いた結果であり、▲はMn50-SLNからなるホログラム記録媒体にゲート光として407nmの波長の光を用いた結果である。

【0057】

図4からわかるように、いずれもゲート光の強度が大きくなるにつれて、光誘起吸収係数も大きくなる。また、光誘起吸収係数は、通常用いられるゲート光強度の範囲0W/cm²～2W/cm²においては、飽和しない。図2を参照して説明したように、記録感度が光誘起吸収係数に比例することから、ゲート光の強度を大きくすることによって、さらなる記録感度の向上が可能である。

【0058】

図4からわかるように、光誘起吸収係数は、Mn添加量およびゲート光の波長にも依存している。このことは、Mn添加量およびゲート光を適切に設定することによって、所望の記録感度が得られることを示唆している。

【0059】

図4は、Mn添加量が8重量ppmおよび50重量ppmの場合を示すが、Mn添加量が1重量ppm～100重量ppmの範囲であれば、同様の効果が得られる。

【0060】

図5は、本発明によるMn-SLNからなるホログラム記録媒体における、記録感度のゲート光の強度依存性を示す図である。横軸はゲート光の強度 (W/cm^2) であり、縦軸は記録感度 (cm/J) である。図4のうちMn8-SLNの試料に対して、波長350nmを有するゲート光を用いた場合の結果を示す。図4を参照して上述したように、記録感度は、ゲート光の強度が増大するにつれて、増加している。より詳細には、ゲート光の強度が $1.5 W/cm^2$ において記録感度は $0.2 cm/J$ であった。この値は、従来の還元処理が施されたPr、MnまたはFeを添加したLNの値 (約 $0.03 cm/J$) に比べて約1桁大きい。この記録感度は、ホログラム記録媒体として使用するに十分な値である。したがって、本発明によるMn-SLNからなるホログラム記録媒体は、還元処理を要することなく、as-grownにおいて十分な記録感度が得られる。

【0061】

図5は、Mn添加量が8重量ppmの場合を示すが、Mn添加量が1重量ppm～100重量ppmの範囲であれば、同様の結果が得られる。

【0062】

以上、図2～図5を参照して、本発明によるMn-SLNからなるホログラム記録媒体が、ゲート光が入射する表面から所定の深さにおいてホログラム記録媒体として使用するに十分な記録感度を達成し得ることを説明してきた。大量の情報をホログラム記録媒体に記録するには、Mn-SLNの厚さ方向の記録感度もまた、考慮する必要がある。式(2)から明らかなように、ゲート光吸収係数 α_g が所定の値である場合、ホログラム記録媒体の第1のエネルギー準位A (図1) から第2のエネルギー準位B (図1) に励起されるキャリアのキャリア密度 n_B は、ホログラム記録媒体の厚さ (深さ) x が増加するにしたがって、指数関数的に減少する。このことから、記録感度は、ゲート光吸収係数 α_g が所定の値である場合には、ホログラム記録媒体の厚さ (深さ) x 方向に減少することが分かる。したがって、ホログラム記録媒体の厚さ x およびゲート光吸収係数 α_g を最適化することが重要である。

【0063】

図6は、光誘起吸収係数のゲート光の入射方向の深さ依存性を示す図である。横軸は、ゲート光の入射方向におけるホログラム記録媒体の厚さを L とし、ゲート光が入射するホログラム記録媒体の表面からの深さを x とした場合の、 x/L である。 x/L が0に近いほど、ホログラム記録媒体のゲート光の入射表面近傍を表す。 x/L が1に近いほど、ホログラム記録媒体のゲート光の出射表面近傍を表す。縦軸は、光誘起吸収係数 $\Delta\alpha_{IR}$ (cm^{-1}) である。ゲート光吸収係数 α_g とホログラム記録媒体の厚さ L との積 $\alpha_g \cdot L$ をパラメータとし、ホログラム記録媒体の深さ方向の誘起吸収係数 $\Delta\alpha_{IR}$ が示されている。

【0064】

図中、■は $\alpha_g \cdot L = 0.1$ であり、▲は $\alpha_g \cdot L = 0.3$ であり、×は $\alpha_g \cdot L = 0.5$ であり、*は $\alpha_g \cdot L = 1$ であり、●は $\alpha_g \cdot L = 2$ であり、◆は $\alpha_g \cdot L = 3$ であり、□は $\alpha_g \cdot L = 5$ である。関係 $\alpha_g \cdot L > 2$ を満たす場合、誘起吸収係数 $\Delta\alpha_{IR}$ のホログラム記録媒体の深さ方向の依存性は大きい。ホログラム記録媒体のゲート光の入射表面近傍における誘起吸収係数 $\Delta\alpha_{IR}$ は高いものの、ゲート光の出射表面近傍における誘起吸収係数 $\Delta\alpha_{IR}$ は低い。このことは、誘起吸収がホログラム記録媒体の略表面においてのみ発生する故、ゲート光の入射表面から最も離れた位置に、情報を記録することができないことを意味する。一方、関係 $\alpha_g \cdot L < 0.5$ を満たす場合、誘起吸収係数 $\Delta\alpha_{IR}$ のホログラ

ム記録媒体の深さ方向の依存性は小である。しかしながら、その誘起吸収係数 $\Delta\alpha_{IR}$ はホログラム記録媒体として使用するには低すぎる。この場合もホログラム記録媒体に情報を記録することはできない。したがって、以上の結果から、ホログラム記録媒体の材料として採用する場合には、関係 $0.5 \leq \alpha_g \cdot L \leq 2$ を満たすことが好ましい。さらに好ましくは、関係 $\alpha_g \cdot L \approx 1$ を満たすことが望まれる。本願の材料においては、このような好ましい条件を、Mn添加量の制御によって作り出すことができる。

【0065】

以上、図2～図6を参照して、本発明によるMn—SLNからなるホログラム記録媒体の有効性を種々の光学特性を用いて説明してきた。実施の形態1では、ホログラム記録媒体の材料としてMnを添加したニオブ酸リチウムについて説明してきた。しかしながら、本発明のホログラム記録媒体の材料は、上述のMn—SLNに限定されない。ホログラム記録媒体の材料として、Mnを添加した実質的に定比組成のタンタル酸リチウムを採用しても良い。この場合もMn—SLNと同様に、連続原料供給型の二重るつば法単結晶引き上げ装置を用いて作製され得、Mn添加量は、1重量ppm～100重量ppmである。タンタル酸リチウムを採用した場合においても、「実質的に定比組成」とは、モル分率 $[Li_2O] / ([Li_2O] + [Ta_2O_5])$ が完全に0.50ではないものの、コングリュエント組成よりも化学量論比に近い組成 $([Li_2O] / ([Li_2O] + [Ta_2O_5])) = 0.495 \sim 0.50$ を言う。

【0066】

ホログラム記録媒体の材料としてMnを添加した実質的に定比組成のタンタル酸リチウムを採用した場合も、還元処理を施すことなく、Mn—SLNと同様の結果が得られることを理解されたい。

【0067】

(実施の形態2)

図7は、本発明によるホログラム記録再生装置700の模式図である。ホログラム記録再生装置700は、実施の形態1で説明した本発明によるホログラム記録媒体701に情報を記録し、そのホログラム記録媒体701に記録された情報を再生する。

【0068】

ホログラム記録再生装置700は、第1の光源部(第1照射手段)702と、第2の光源部(第2照射手段)703と、再生部704とを含む。

【0069】

第1の光源部702は、例えば、YAGレーザの第3高調波発振(THG)またはGaN等の半導体レーザであり得るが、これに限定されない。第1の光源部702は、410nm以下の波長を有する第1の光(ゲート光)を発する。第1の光の波長は、例えば、350nmである。第1の光源部702は、ホログラム記録媒体701を照射して、ホログラム記録媒体701にフォトリフラクティブ効果に関与するキャリアを生成する。本発明によれば、ホログラム記録媒体701は410nm以下の波長を有する光をゲート光として使用することができるので、第1の光源702の小型化、さらには、ホログラム記録再生装置700全体の小型化が可能である。

【0070】

第2の光源部703は、信号／参照光源705と、ビームスプリッタ706と、エンコーダ707と、空間光変調器(SLM)708と、第1のレンズ709とを含む。

【0071】

信号／参照光源705は、例えば、単一縦モードAlGaAs系半導体レーザであり得るが、これに限定されない。信号／参照光源705は、第1の照射源702が発する第1の光(ゲート光)の波長よりも長い波長の第2の光を発する。第2の光は、例えば、850nmの波長を有する可干渉性の光である。

【0072】

ビームスプリッタ706は、第2の光を信号光aと参照光bとに分ける。この時点においては、信号光aは記録すべき情報を有していないことに留意されたい。参照光bは、ミ

ラー 713 および 714 等を介してホログラム記録媒体 701 に入射する。参照光 b をホログラム記録媒体 701 に入射せしめるための光学系は任意である。参照光 b は、信号光 a の光軸に直交する基準線から角度 β の入射角でホログラム記録媒体 701 に入射する。

【0073】

エンコーダ 707 は、ホログラム記録媒体 701 に記録すべきデジタルデータを受け取り、そのデジタルデータを平面上に明暗を示すドットパターン画像に変換する。次いで、エンコーダ 707 は、変換されたドットパターン画像を、例えば、縦 480 ビット×横 640 ビットのデータ配列に並べ替え、単位ページ系列データを生成する。生成された単位ページ系列は、SLM 708 に送られる。

【0074】

SLM 708 は、例えば、透過型の TFT 液晶表示装置 (LCD) のパネルであり得るが、これに限定されない。SLM 708 は、エンコーダ 707 から単位ページ系列データと、信号光 a とを受け取る。SLM 708 は、単位ページに対応する縦 480 ピクセル×横 640 ピクセルの変調処理単位を有する。SLM 708 は、信号光 a をエンコーダ 707 からの単位ページ系列データに応じて空間的な光のオンオフ信号に光変調する。次いで、SLM 708 は、オンオフ信号 (すなわち、変調された信号光 a) をレンズ 709 へ送る。

【0075】

より詳細には、SLM 708 は、電気信号である単位ページ系列データの論理値 “1” に応答して信号光 a を通過させ、論理値 “0” に応答して信号光 a を遮断する。これにより、単位ページ系列データにおける各ビット内容にしたがった電気-光学変換が達成され、単位ページ系列データを有する信号光 a' (すなわち、記録すべき情報を有する光) が生成される。

【0076】

第 1 のレンズ 709 は、信号光 a' を集光し、ホログラム記録媒体 701 に照射する。

【0077】

このようにして、第 2 の光源部 703 は、第 2 の光をホログラム記録媒体 701 に照射するように機能する。

【0078】

再生部 704 は、第 2 のレンズ 710 と、光検出器 711 と、デコーダ 712 とを含む。

【0079】

第 2 のレンズ 710 は、ホログラム記録媒体 701 からの再生光 c を集光し、集光された再生光 c を光検出器 711 に入射させる。

【0080】

光検出器 711 は、例えば、電荷結合素子 (CCD) であり得る。光検出器 711 は、再生光 c の明暗を電気信号の強弱に変換し、再生光 c の輝度に応じたレベルを有するアナログ電気信号を生成する。

【0081】

デコーダ 712 は、生成されたアナログ電気信号を受け取り、アナログ電気信号と所定の振幅値 (スライスレベル) とを比較する。デコーダ 712 は、比較結果に応じて、論理値 “1” または “0” を生成する。なお、再生部 704 は、記録時には備えていなくても良い。

【0082】

次に、ホログラム記録再生装置 700 の記録動作を説明する。

【0083】

第 1 の光源部 702 は、350 nm の波長を有する第 1 の光 (ゲート光) をホログラム記録媒体 701 に照射する。第 1 の光の波長は、350 nm に限定されない。第 1 の光の波長は、410 nm 以下の波長であれば良い。これにより、ホログラム記録媒体 701 にフォトリフラクティブ効果に関与するキャリアが生成する。

【0084】

第1の光源部702が第1の光（ゲート光）を供給すると同時に、第2の光源部703の信号／参照光源705は第2の光（信号光および参照光）を発する。第2の光の波長は、例えば、850nmである。第2の光は、ビームスプリッタ706で信号光aと参照光bとに分けられる。信号光aは、SLM708を介してホログラム記録媒体701に記録すべき情報を担持する信号光a'となる。信号光a'は、第1のレンズ709を介して、ホログラム記録媒体701に入射する。参照光bは、信号光aの光軸に直交する基準線から角度 β の入射角でホログラム記録媒体701に入射する。第1の光（ゲート光）と第2の光（信号光と参照光）とは、ホログラム記録媒体701に同時に入射することに留意されたい。

【0085】

図8は、ホログラム記録媒体に屈折率格子が形成される様子を示す模式図である。図8において、図7に示される構成要素と同一の構成要素には同一の符号を付し、その説明を省略する。

【0086】

ホログラム記録媒体701に入射した信号光a'と参照光bは、ホログラム記録媒体701内に同時に照射されて干渉する。信号光a'と参照光bとが交差する領域800に干渉縞（図8の斜線）が生成する。この干渉縞が、屈折率格子（図8の点線）としてホログラム記録媒体701に記録される。すなわち、情報が、参照光bによって指定されたホログラム記録媒体701の位置に記録される。

【0087】

参照光bが入射する角度 β を変更することにより、複数の単位ページ系列データ（2次元平面データ）が角度多重記録され、3次元データ記録が達成される。

【0088】

再度、図7を参照して、ホログラム記録再生装置700の再生動作を説明する。

【0089】

第2の光源部703の信号／参照光源705は第2の光を発する。第2の光の波長は、例えば、850nmである。第2の光は、ビームスプリッタ706で参照光bのみになる。すなわち、第2の光源部703は、第2の光のうち参照光bのみを出射する。参照光bは、再生すべき情報が記録されているホログラム記録媒体701の位置に入射される。例えば、記録時に参照光bを入射角 β で入射した場合には、再生時にも参照光bを入射角 β で入射すればよい。より詳細には、参照光bは、記録時に信号光a'と参照光bとが交差する領域800の中心801（図8）に照射される。

【0090】

参照光bは、ホログラム記録媒体701に記録されている干渉縞（図8の斜線部）で回折する。干渉縞で回折した光が再生光cである。再生光cは、第2のレンズ710を介して光検出器711に入射する。光検出器711は、上述したように、再生光cの明暗を電気信号の強弱に変換し、再生光cの輝度に応じたレベルを有するアナログ電気信号を生成する。アナログ電気信号は、デコーダ712に送られる。デコーダ712は、アナログ電気信号と所定の振幅値（スライスレベル）とを比較し、比較結果に応じて、論理値“1”または“0”を生成する。これにより、ホログラム記録媒体701に記録された情報が再生される。

【産業上の利用可能性】

【0091】

本発明によるニオブ酸リチウム単結晶またはタンタル酸リチウム単結晶からなるホログラム記録媒体は、実質的に定比組成であり、かつ、不純物としてMnを1重量ppm～100重量ppm含む。ニオブ酸リチウム単結晶またはタンタル酸リチウム単結晶のエネルギー帯は、価電子帯と伝導帯との間に第1のエネルギー準位、第2のエネルギー準位および第2のエネルギー準位とを含み、第1のエネルギー準位は第2のエネルギー準位よりも深く、第3のエネルギー準位は第2のエネルギー準位よりも深い。410nm以下の波長

を有する第1の光をニオブ酸リチウム単結晶またはタンタル酸リチウム単結晶に照射することにより、第1のエネルギー準位から第2のエネルギー準位にキャリアが励起する。

【0092】

上述のニオブ酸リチウム単結晶またはタンタル酸リチウム単結晶は、*as-grown*な状態において第1のエネルギー準位を有している。このことは、還元処理を単結晶に施すことなく、十分なキャリアが第1のエネルギー準位に存在することを意味する。したがって、本発明によるホログラム記録媒体は、還元処理を要することなく高記録感度が達成される。

【0093】

フォトリフラクティブ効果に関与するキャリアを生成するための第1の光が、410nm以下であるため、従来のホログラム記録媒体に比べて光損傷が低減される。

【0094】

410nm以下の波長を有する光をゲート光として使用することができるので、ゲート光の光源を小型化する、さらには、記録再生装置全体の光学系を小型化することが出来る。

【図面の簡単な説明】

【0095】

【図1】本発明によるMn-SLNからなるホログラム記録媒体のエネルギーバンド構造を示す図である。

【図2】ゲート光吸収係数(α_g)のゲート光波長(λ_1)依存性を示すグラフである。

【図3】飽和空間電界に対するゲート光の波長依存性を示すグラフである。

【図4】本発明によるMn-SLNからなるホログラム記録媒体における、光誘起吸収係数のゲート光の強度依存性を示すグラフである。

【図5】本発明によるMn-SLNからなるホログラム記録媒体における、記録感度のゲート光の強度依存性を示すグラフである。

【図6】2色ホログラム記録媒体における、光誘起吸収係数のゲート光の入射方向の深さ依存性を示すグラフである。

【図7】本発明によるホログラム記録再生装置を示す構成図である。

【図8】ホログラム記録媒体に屈折率格子が形成される様子を示す図である。

【図9】2色ホログラム方式における記録メカニズムを示す図である。

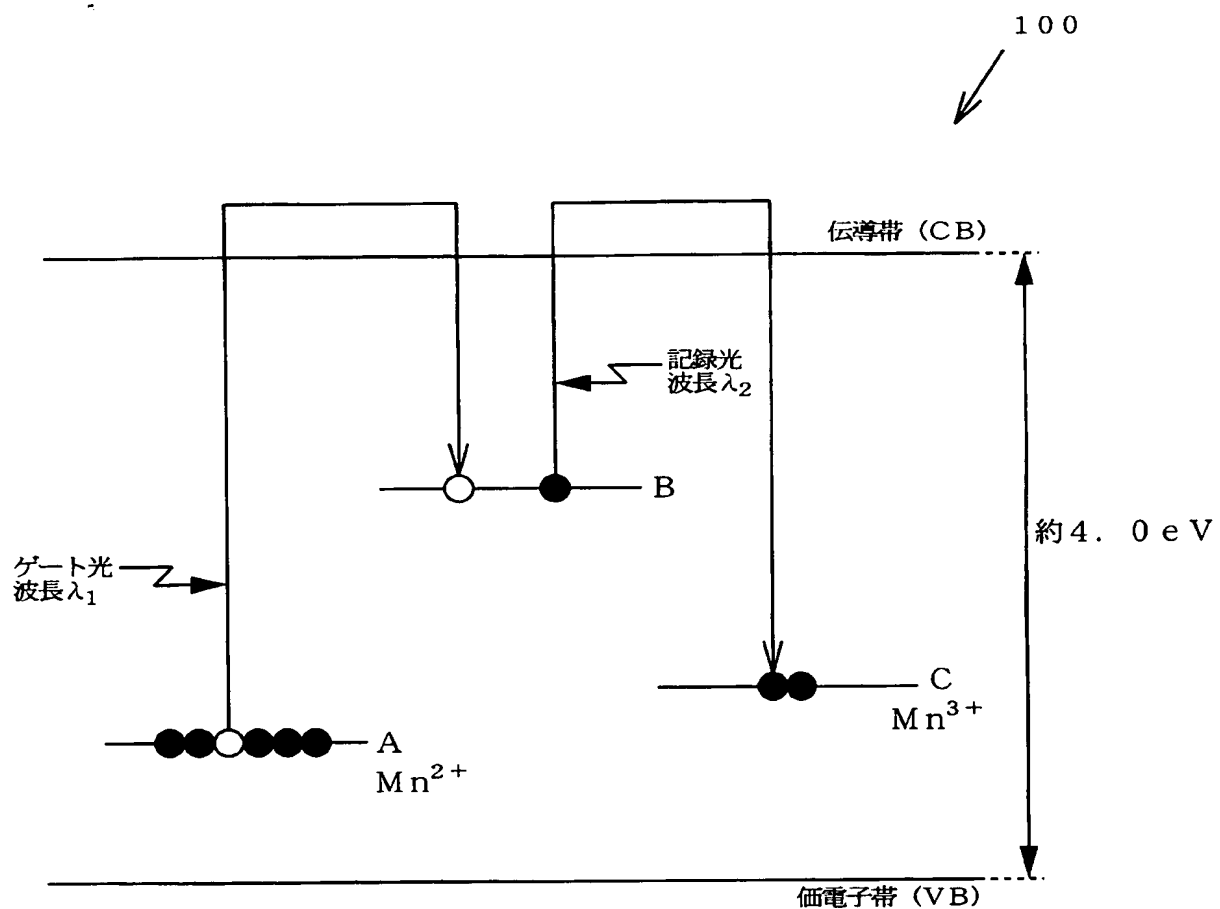
【符号の説明】

【0096】

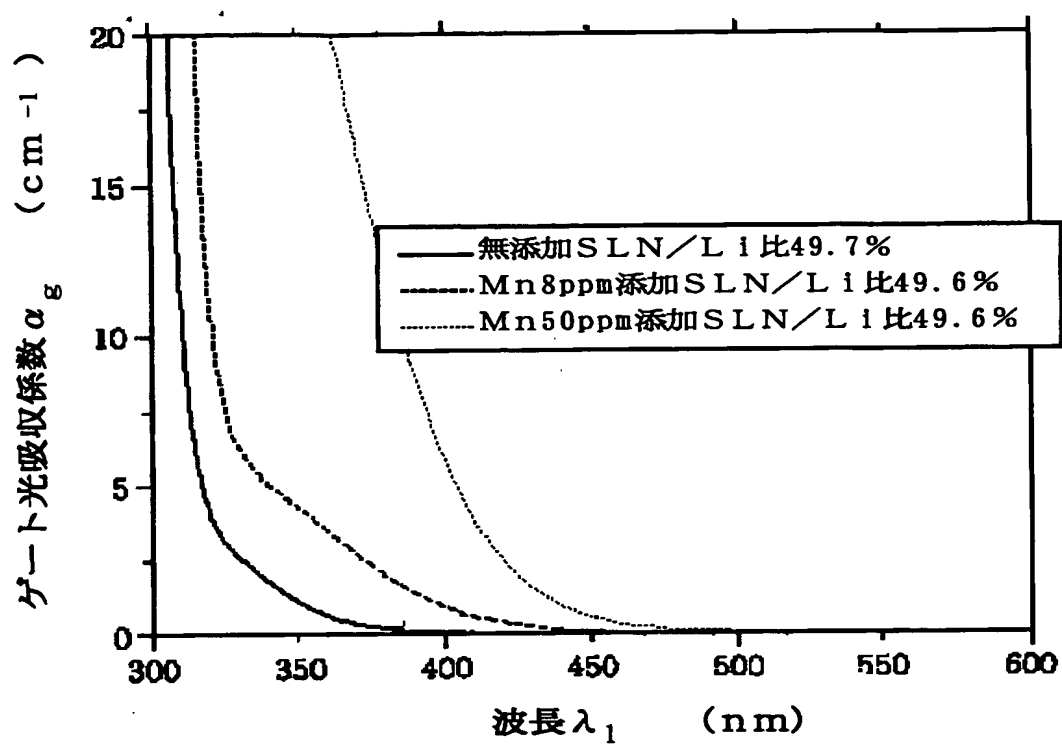
100	エネルギーバンド構造
700	ホログラム記録再生装置
701	ホログラム記録媒体
702	第1の光源部
703	第2の光源部
704	再生部
705	再生／参照光源
706	ビームスプリッタ
707	エンコーダ
708	空間光変調器 (SLM)
709	第1のレンズ
710	第2のレンズ
711	光検出器
712	デコーダ

【書類名】 図面

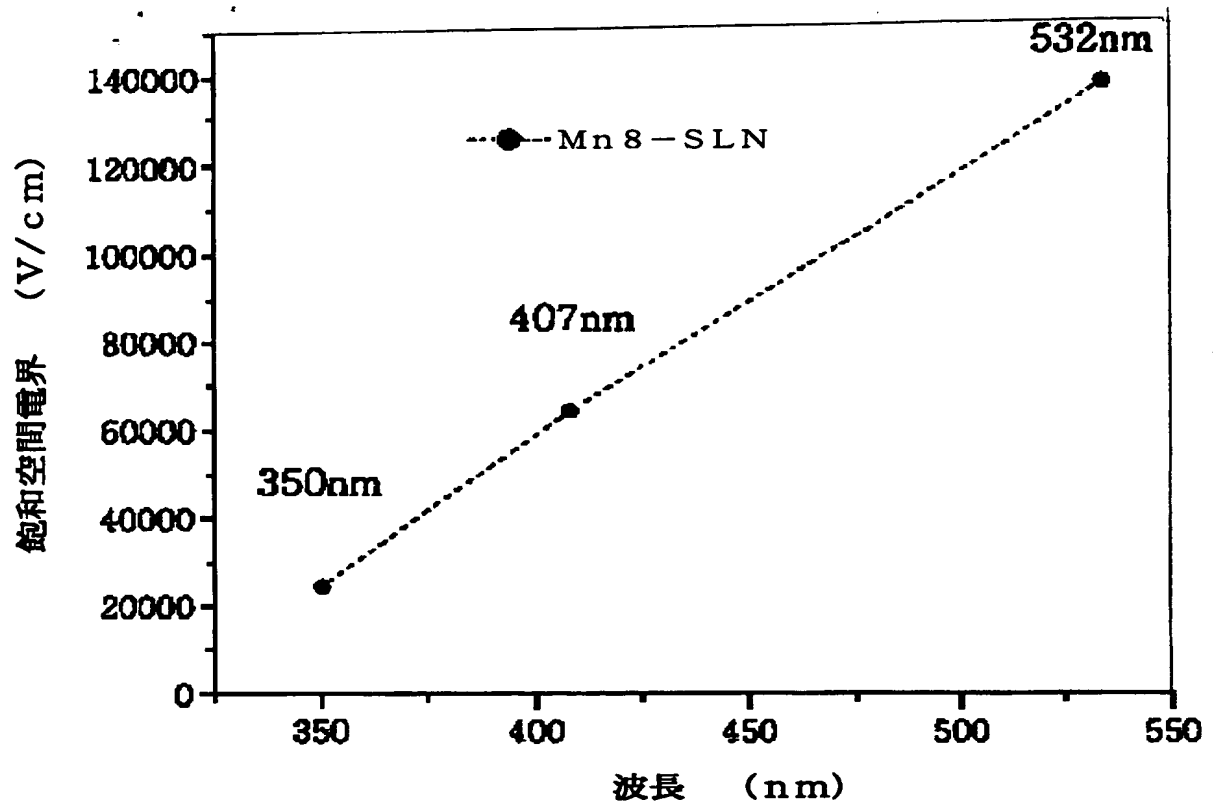
【図 1】



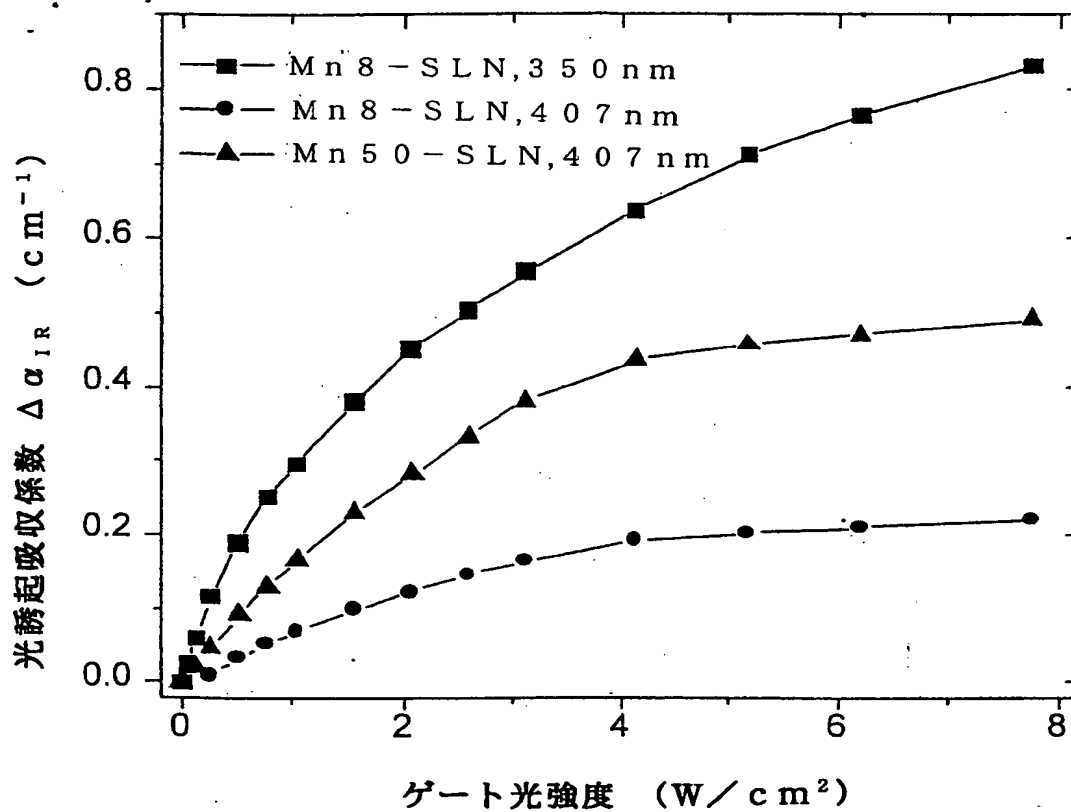
【図 2】



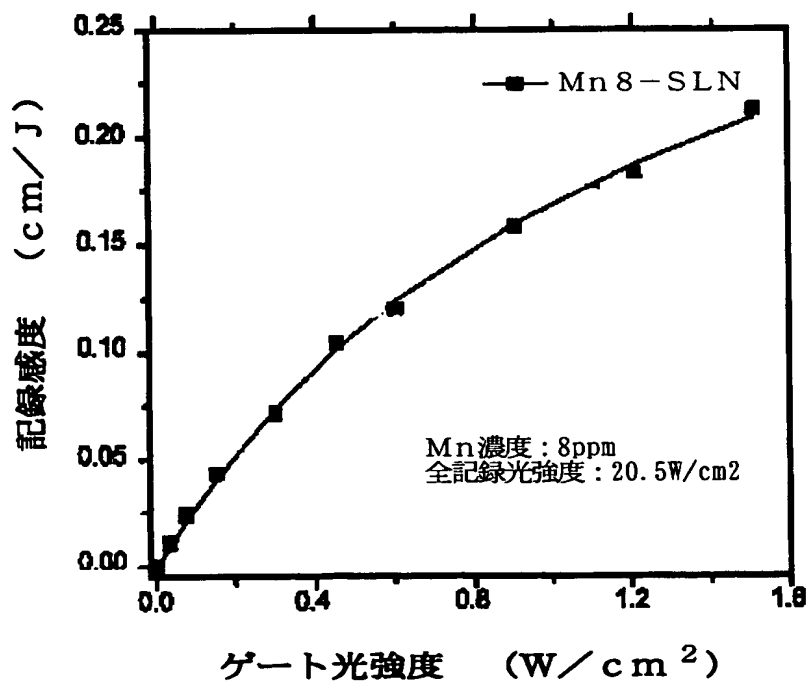
【図 3】



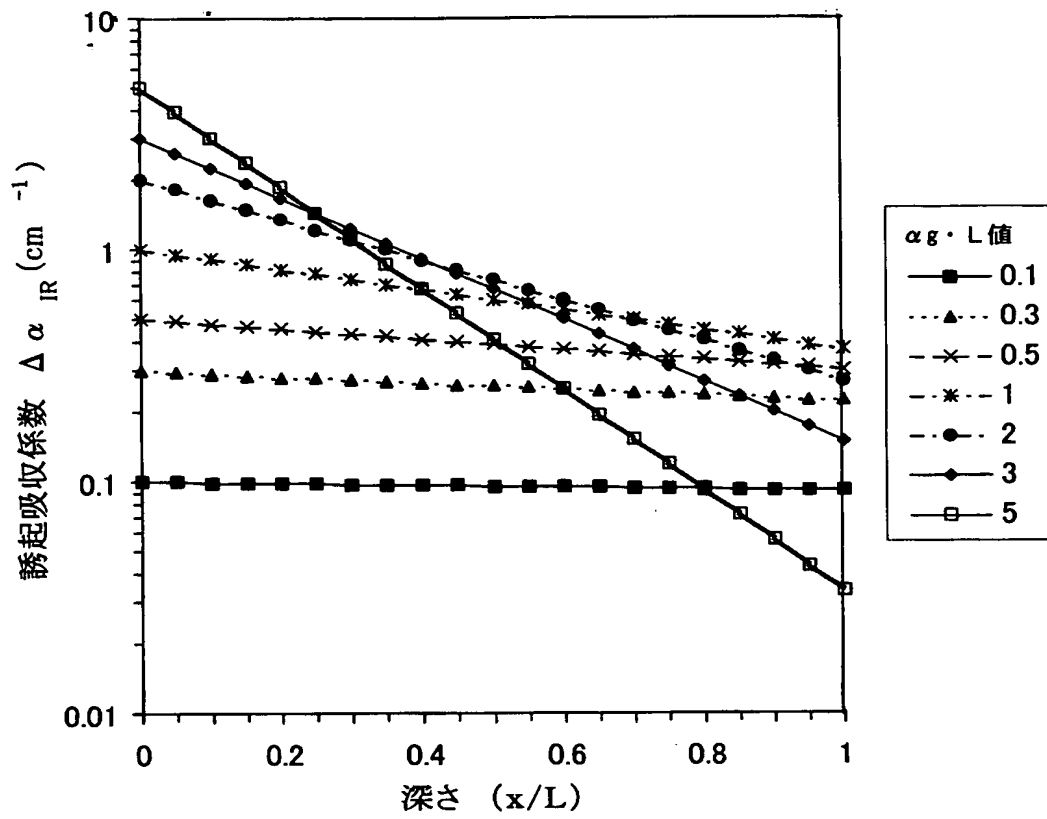
【図4】



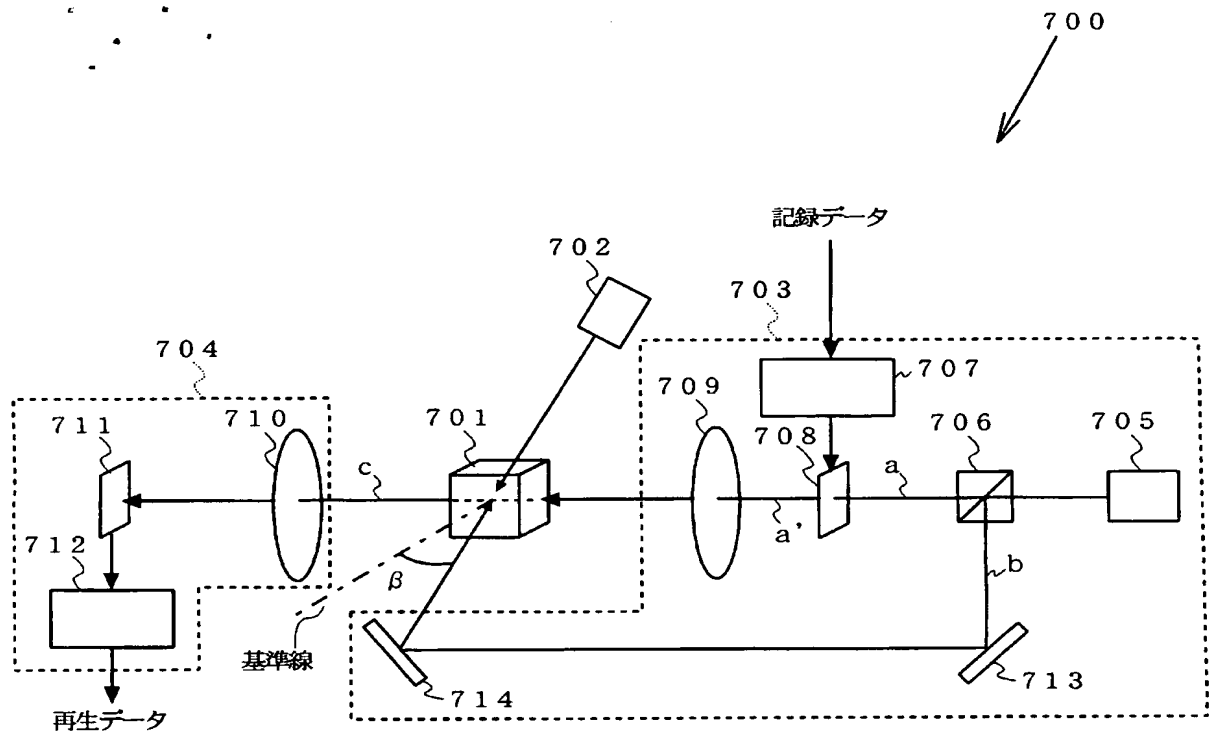
【図5】



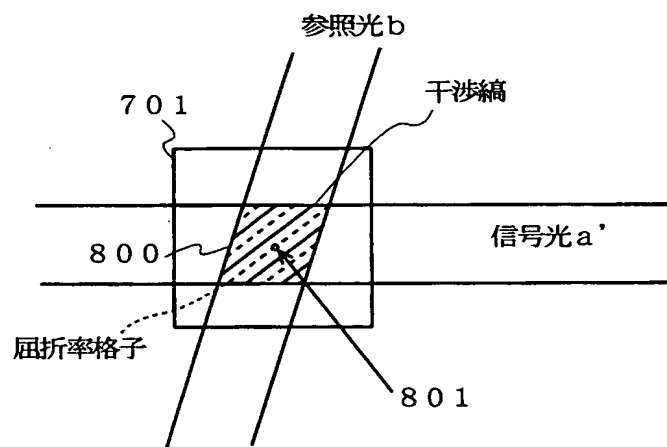
【図 6】



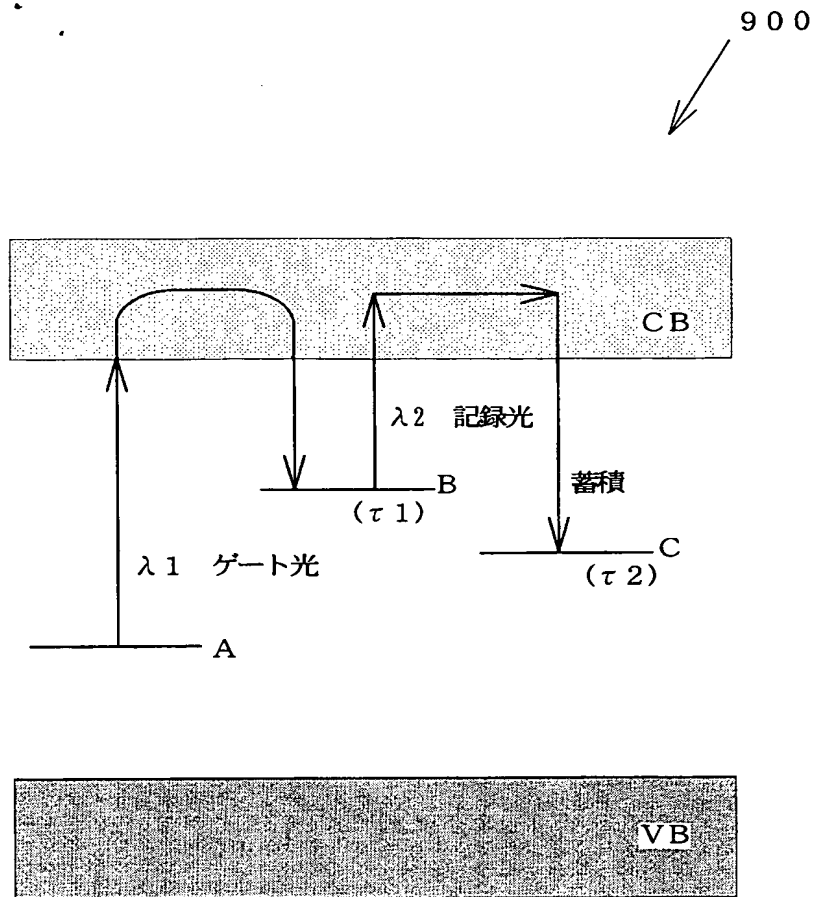
【図 7】



【図 8】



【図 9】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 還元処理をすることなく高記録感度を達成し、かつゲート光照射時の光損傷を低減する記録媒体、および記録再生装置を提供する。

【解決手段】 ホログラム記録媒体はニオブ酸リチウム単結晶またはタンタル酸リチウム単結晶からなり、該ニオブ酸リチウム単結晶またはタンタル酸リチウム単結晶は実質的に定比組成でありかつ不純物としてMnを1重量ppm～100重量ppm含む。

【選択図】 図1

特願 2 0 0 3 - 3 1 2 2 8 7

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 5 0 1 6]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 3 1 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都目黒区目黒 1 丁目 4 番 1 号

氏 名

パイオニア株式会社

特願 2 0 0 3 - 3 1 2 2 8 7

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[3 0 1 0 2 3 2 3 8]

1. 変更年月日

2 0 0 1 年 4 月 2 日

[変更理由]

新規登録

住 所

茨城県つくば市千現一丁目 2 番 1 号

氏 名

独立行政法人物質・材料研究機構